
BACHELORARBEIT

Herr

Erik Schneider

**Retrofit einer
Federbiegemaschine und
deren Simulation im CAD**

Chemnitz, 2011

Fakultät Maschinenbau

BACHELORARBEIT

Retrofit einer Federbiegemaschine und deren Simulation im CAD

Autor:

Herr Erik Schneider

Studiengang:

Mechatronik

Seminargruppe:

Me07w1-B

Erstprüfer:

Prof. Dr. Frank Weidemann

Zweitprüfer:

Dipl.- Ing. Daniel Kitsche

Einreichung:

Mittweida, 07. Juli 2011

Verteidigung/Bewertung:

Mittweida, 2011

Bibliografische Beschreibung:

Schneider, Erik:

Retrofit einer Federbiegemaschine und deren Simulation im CAD. - 2011. - 4, 39, 5 S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Bachelorarbeit, 2011

Referat:

Ziel der Bachelorarbeit ist das Retrofit einer Federbiegemaschine. Auf Grund der Fülle des Gesamtprojektes sollen für einige ausgewählte Schwerpunkte neue Lösungsansätze gefunden und ausgearbeitet werden. Die Übernahme der bestehenden Maschine in ein 3D-Konstruktionsprogramm ist dabei Ausgangspunkt der Arbeit. Darauf aufbauend wird für jede der Problemstellungen ein Konzept erarbeitet und die einzelnen Komponenten die dafür benötigt werden ausgelegt.

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	IX
1. Vorwort.....	1
2. Einleitung	2
2.1. IST-Zustand der Maschine.....	3
2.2. SOLL-Zustand der Maschine	6
2.3. Kapitelübersicht	8
3. Konzeption	9
3.1. Übersicht relevanter Sensortypen.....	9
3.1.1. optoelektronische Sensoren	9
3.1.2. induktive Initiatoren.....	11
3.1.3. mechanische Schalter	14
3.1.4. Vision Sensoren.....	15
3.2. Konstruktion	16
3.2.1. Näherungsschalter.....	17
3.2.2. Längenmessung	24
3.2.3. Auswurfstation.....	28

3.3. Simulation	31
3.3.1. Hintergrund und Arbeitsweise	32
3.3.2. Umgang mit der Software	33
3.3.3. Beispiel Federwickel- und biegemaschine	36
4. Zusammenfassung	37
4.1. Ergebnis.....	37
4.2. Fazit	37
Literaturverzeichnis	40
Anlagen	41
Anlagenverzeichnis	42
Erklärung.....	47

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Federwickel- und biegemaschine	2
Abbildung 2: Schemata der Federwickel- und biegemaschine.....	3
Abbildung 3: Umlenkung des Drahtes.....	4
Abbildung 4: Mechanischer Taster.....	5
Abbildung 5: Drehsinn und Stationen der Federbiegemaschine	6
Abbildung 6: Lichttaster.....	10
Abbildung 7: induktiver Sensor.....	12
Abbildung 8: Lasersensor	18
Abbildung 9: mögliche Varianten der Detektion	19
Abbildung 10: Messbereich vor und nach der Federendenkante	20
Abbildung 11: Test des Laserlichttasters an der Maschine	21
Abbildung 12: Lasermesssystem	22
Abbildung 13: Vision Sensor	25
Abbildung 14: Längenmesssystem innen.....	27
Abbildung 15: Längenmesssystem aussen.....	28
Abbildung 16: neu konzipierte Stationen.....	29
Abbildung 17: kolbenstangenloser Linearantrieb DGC	30
Abbildung 18: Auswurfstation.....	31
Abbildung 19: Eingabefenster der Virtuellen Inbetriebnahme	34

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vor- und Nachteile optoelektronischer Sensoren	11
Tabelle 2: Vor- und Nachteile induktiver Sensoren	13
Tabelle 3: Vor- und Nachteile mechanischer Schalter.....	14
Tabelle 4: Vor- und Nachteile von Vision Sensoren	15

1. VORWORT

Die vorliegende Bachelorarbeit entstand im Zeitraum von April bis Juli 2011 bei der euro engineering AG im Technischen Büro Chemnitz. Das Thema ergab sich aus einer Anfrage für eine Konstruktion von der Firma Scherdel Marienberg GmbH und befasst sich mit der Modernisierung einer Federbiegemaschine.

Ich danke an dieser Stelle Herrn Kleditzsch und Herrn Kitsche für die Möglichkeit, die Abschlussarbeit im Technischen Büro Chemnitz anzufertigen und für die Betreuung währenddessen. Weiterhin möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Weidemann für die Betreuung seitens der Hochschule danken.

Mein spezieller Dank geht an die Mitarbeiter des Technischen Büros, insbesondere Frau Elke Schrell, die mir bei der Konstruktion hilfreich zur Seite stand, für die Kontrolle der technischen Zeichnungen.

Weiterhin möchte ich mich bei meinen Eltern für Ihre Unterstützung bedanken und bei meinem Bruder für das kritische Kontrolllesen dieser Arbeit.

2. EINLEITUNG

Die Scherdel Marienberg GmbH, eine Firma im Bereich Feder- und Drahtbiegeteilherstellung betreibt unter anderem sieben ältere Maschinen (Baujahr ca. 1960) zur Herstellung von einfachen Zugfedern mit beidseitig aufgestellten Enden. Da die Anschaffung komplett neuer Maschine sehr kostenintensiv ist, wandte sich der Kunde an die euro engineering AG Chemnitz mit dem Wunsch Teile der alten Maschinen neu zu konzipieren und so die Produktivität zu steigern.

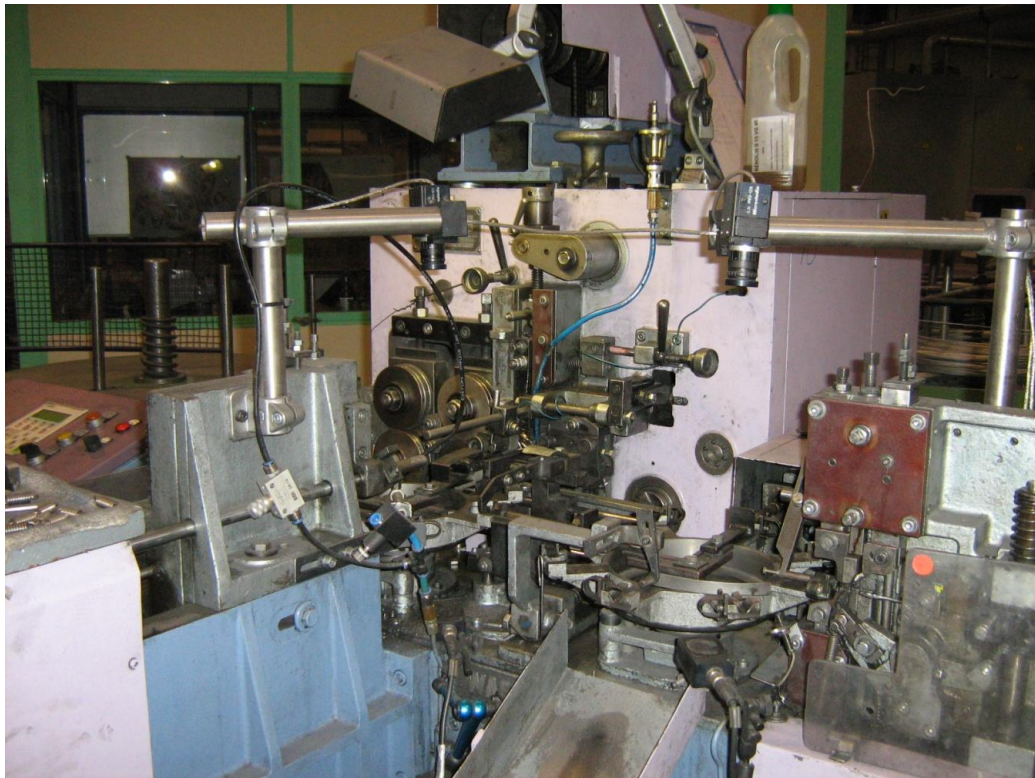


Abbildung 1: Federwickel- und biegemaschine

2.1. IST-Zustand der Maschinen

Die Maschinen bestehen genau genommen aus zwei miteinander gekoppelten Vorrichtungen, einer Drahtwickelmaschine die den zugeführten Draht zu einem spiralförmigen Federblock aufwickelt und einer Biegemaschine zum Aufstellen der Federenden. Um den derzeitigen Zustand der Maschinen zu beschreiben, soll nun die Funktionsweise bzw. der Prozessablauf dargelegt werden.

Neben der Maschine ist eine Drehplatte angebracht, auf der eine Rolle mit dem jeweils geforderten Draht aufgesetzt wird. Die für die Maschine zu verarbeitende Drahtstärke variiert zwischen mindestens 0,5mm und maximal 3,0mm. Ebenfalls begrenzt ist der Durchmesser des Federblocks mit min. 10mm bis max. 30mm und die Federblocklänge mit min. 18 und max. 50mm.

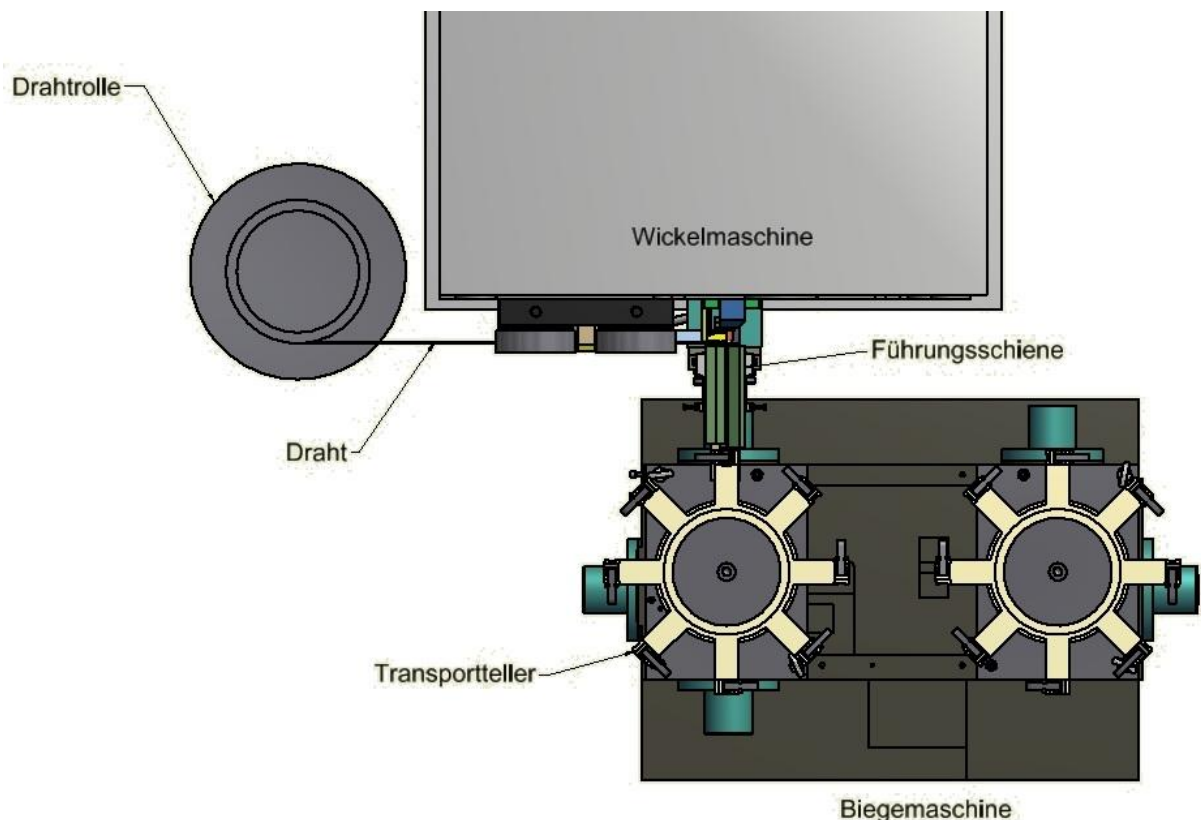


Abbildung 2: Schemata der Federwickel- und biegemaschine

An der Wickelmaschine angebrachte Walzen sorgen für den Drahtvorschub. Das spiralförmige Aufwickeln des Drahtes wird durch Umlenkwerkzeuge erreicht. Zu Beginn des Prozesses stößt der Draht gegen einen Umlenkstift und wird durch dessen besondere Nutform umbogen (siehe Abb. 3). Der Durchmesser wird durch einen Stift geregelt, um den sich der Draht wickelt. Der Drahtvorschub sorgt dann für ein kontinuierliches Aufwickeln des Drahtes zu einem Federblock.

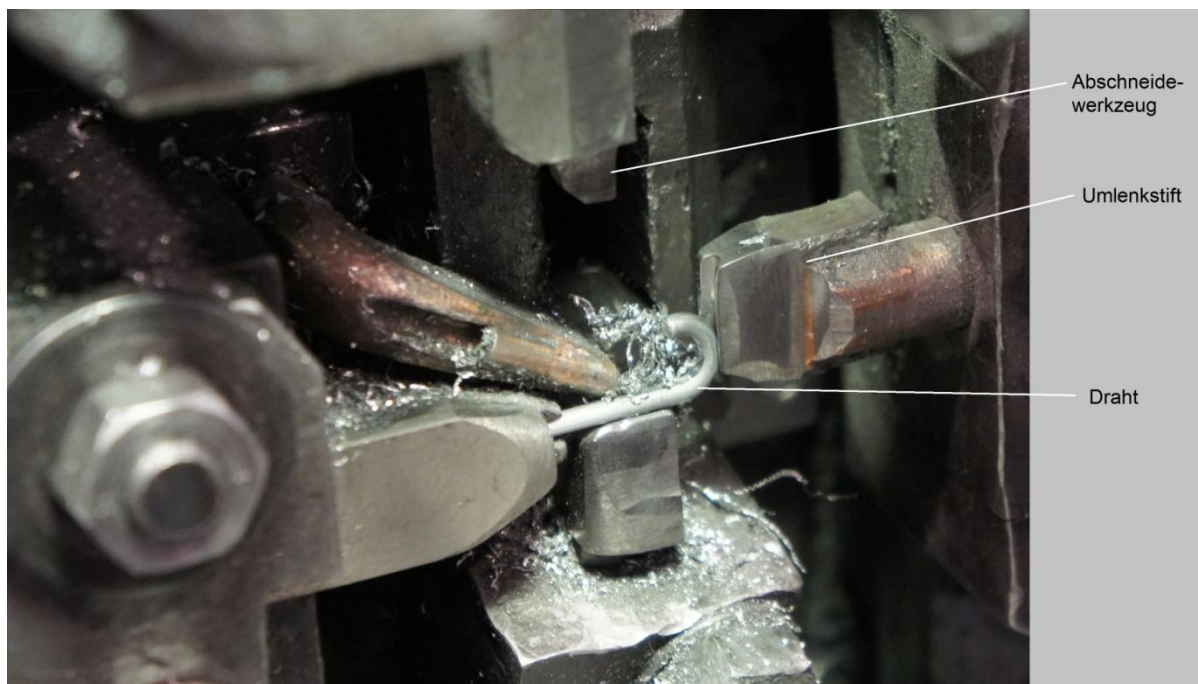


Abbildung 3: Umlenkung des Drahtes

Die Federblocklänge wird durch einen mechanischen Taster überprüft. Beim Aufwickeln einer Feder, dreht sich diese horizontal von der Maschine weg und trifft auf den mechanischen Taster (siehe Abb.4). Durch den Masseschluss wird die Abschneidevorrichtung aktiviert und das Abschneidewerkzeug trennt den Federblock ab, nachdem der Taster durch einen Hebel zurückgefahren ist. Dabei wird auch gleichzeitig die Feder auf die Führungsschiene gedrückt.

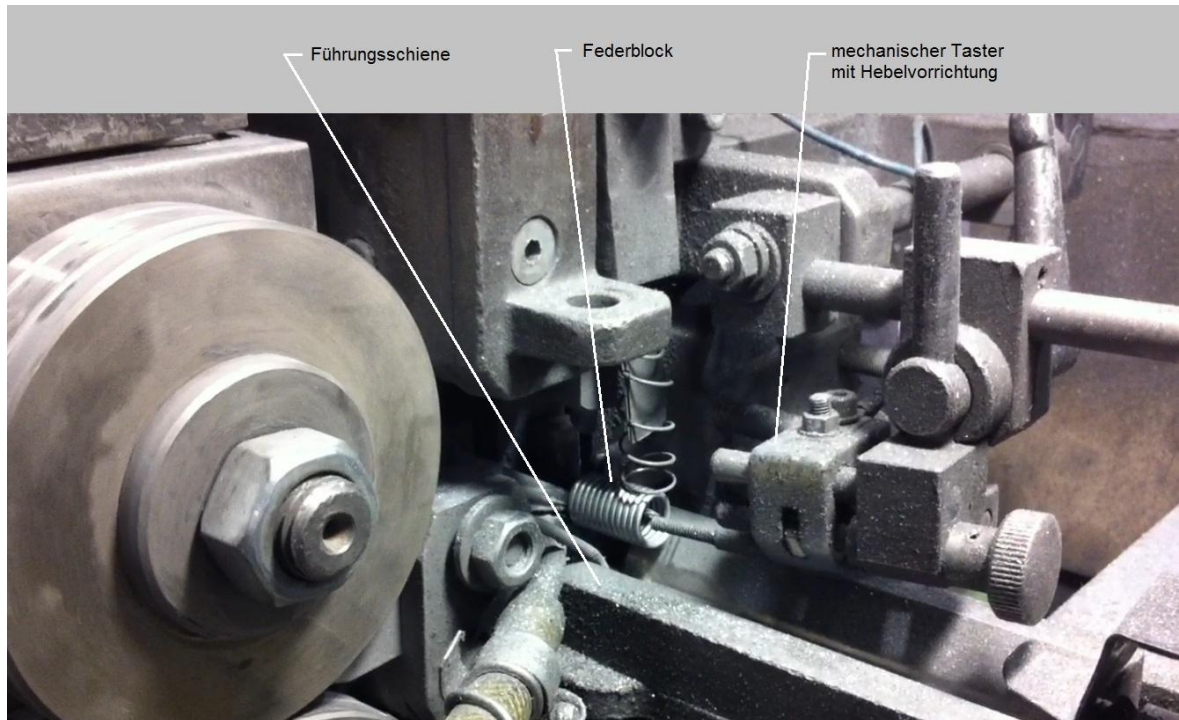


Abbildung 4: mechanischer Taster

Die Übergabe der Feder an die Drahtbiegemaschine wird mit einem Hebel realisiert der die aufgewickelten Federblöcke über die Schiene direkt auf den Transportteller schiebt.

Auf der zweiten Vorrichtung, der Drahtbiegemaschine, sind zwei Transportteller mit je acht Prismen (zu je 45°) angebracht, welche die Federblöcke aufnehmen können. An beiden Transportteller sind zwei Stationen angebracht, welche die Federblöcke erst nach dem Federende ausrichten und dieses dann aufstellen (siehe Abb.5). Durch eine weitere Führungsschiene wird die Feder an den zweiten Transportteller übergeben. Auch hier wird ein Hebel verwendet um diese direkt auf ein Prisma des zweiten Drehtellers zu schieben. Da die Teller gegenläufig angeordnet sind, liegt das bisher unbearbeitete Federende aussen und kann ebenfalls aufgestellt werden.

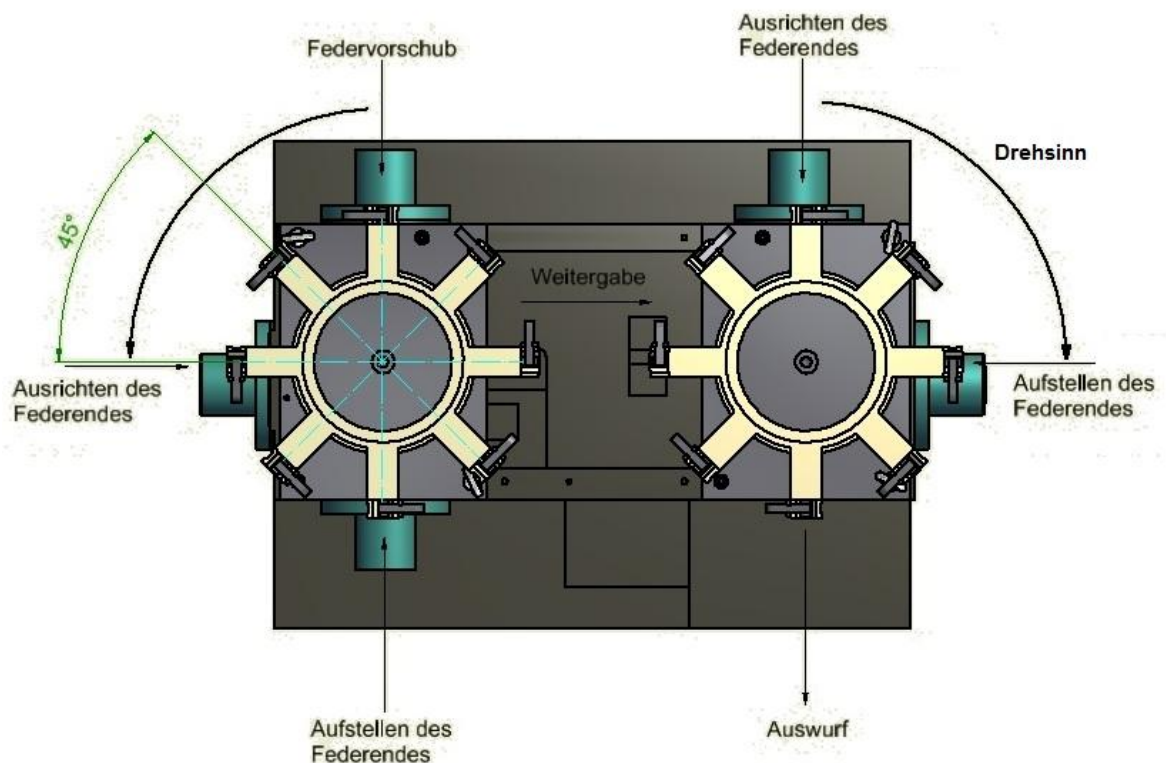


Abbildung 5: Drehsinn und Stationen der Federbiegemaschine

2.2. SOLL-Zustand der Maschinen

Die Produktionsmenge von bisher 25 Teilen pro Minute soll auf 50 Teile erhöht werden. Eine Umsetzung dieses Zieles ist nur durch ein teilweises Ersetzen der bis dato rein mechanischen Komponenten, welche durch einen zentralen Antrieb betrieben werden, zu erreichen. Dabei sollen einzeln steuerbare pneumatische oder servogetriebene Komponenten zum Einsatz kommen.

Im Laufe des Gesamtprojektes werden an unterschiedlichen Stellen der Maschine neue Komponenten konstruiert und Teile vollkommen neu ausgelegt. So soll unter anderem der Antrieb der Drehteller durch einen Servomotor ersetzt und eine Vorrichtung zum Niederhalten der Feder bei der Übergabe konstruiert werden. Da der volle Umfang jedoch den Rahmen dieses Bachelorprojektes sprengen würde,

soll nur auf drei spezielle konstruktive Problemstellungen eingegangen werden. Vorrangig ist dabei das Ersetzen des mechanischen Tasters durch einen berührungslosen Sensor, wobei das Augenmerk auf induktiven und optoelektronischen Initiatoren liegt. Des Weiteren soll ein Längenmesssystem konzipiert werden das die Federblocklänge nach dem Aufwickeln überprüft. Und schliesslich soll eine Auswurfstation konstruiert werden, zur Selektion von Nicht-Gut-Teilen.

Für die Arbeiten im CAD kommt die Software Inventor zur Anwendung. Besonderes Augenmerk liegt auf der Planung, Darstellung und Strukturierung der Aktorik und Sensorik. Ebenfalls Teil des Projektumfanges ist die virtuelle Inbetriebnahme der Federbiegemaschine durch ein firmeneigen entwickeltes Tool. Dabei sollen die Problemstellungen bei der Darstellung der Bewegungsabläufe und dem Zusammenspiel der Sensoren und Aktoren aufgezeigt werden. Weiterhin sollen kritische Schwerpunkte beim Umgang mit dieser Software dargelegt werden.

2.3. Kapitelübersicht

Im ersten Kapitel des Hauptteils (3.1.) wird zunächst auf die Funktion, die Vor- und Nachteile und die Anwendungsgebiete der Sensoren eingegangen werden. Unter der Vielzahl vorhandener Sensorarten soll jedoch nur auf Initiatoren näher eingegangen werden die im Umfang dieses Bachelorprojektes relevant sind.

Darauf werden im nächsten Kapitel (3.2.) die Problemstellungen näher erörtert. Bei der daraus folgenden Konzeption möglicher Lösungsansätze, steht die Auslegung der Sensoren und die Auskonstruktion eines Entwurfes im Vordergrund. Dabei werden in drei Unterkapiteln die Problemstellungen jeweils näher betrachtet und die dafür möglichen Sensoren untersucht. Infolge dessen wird ein Konzept zur Lösung des Problems erstellt.

Schließlich wird im letzten Kapitel (3.3.) des Hauptteils auf die Virtuelle Inbetriebnahme eingegangen. Zunächst wird näher auf den Hintergrund und die Arbeitsweise des Programmes eingegangen. Darauf folgend wird der Umgang mit der Software näher erläutert, d.h. die Eingabe der Bewegungsabläufe, das Zusammenspiel der Aktoren und Sensoren, sowie die dazu nötigen Vorbereitungen. Weiterhin soll auch zusammengefasst werden, worauf schon im Vorhinein, bei der Konstruktion, geachtet werden muss um eine einfache und unkomplizierte Simulation zu ermöglichen. Schliesslich werden am Beispiel der Federwickel- und biegemaschine

Im vierten Kapitel soll schlussendlich das Ergebnis dieser Arbeit aufgezeigt bzw. kurz zusammengefasst werden. Weiter wird die Lösung kritisch bewertet und Schwerpunkte die es noch zu lösen gilt aufgezeigt.

3. KONZEPTION

3.1. Übersicht relevanter Sensortypen

Im Rahmen dieses Bachelorprojektes werden einige Sensoren zur Konzeptbildung heran gezogen. Um daher eine Grundlage zu schaffen, werden die für die Konstruktion relevanten Sensorarten nun näher betrachtet. So soll zum einen die Funktion kurz erläutert werden, die Vor- und Nachteile gegenüber gestellt, sowie einige in der Industrie übliche Anwendungsgebiete dieser Initiatoren dargelegt werden.

3.1.1. Optoelektronische Sensoren

Optoelektronische Sensoren haben die Aufgabe, optische Informationen in elektrisch auswertbare Signale umzuwandeln. Vor allem in der Automatisierungstechnik finden optische Sensoren Anwendung.

Bei der optoelektronischen Objektdetektion kann zwischen zwei verschiedenen physikalischen Prinzipien gewählt werden: Lichttaster und Lichtschranken. Da im Rahmen dieses Bachelorprojekts der Fokus auf Lichttastern liegt, sollen vor allem diese hier näher betrachtet werden.

Beim Lichttaster sind Sender und Empfänger in einem Gehäuse untergebracht. Die Sendediode des Näherungsschalters emittiert einen Strahl aus gepulstem Licht, der auf das zu erkennende Objekt trifft. Dadurch wird der Strahl einerseits unterbrochen, andererseits wird er zum Teil reflektiert. Ein Teil des reflektierten Lichts wiederum fällt zurück auf das Gerät. Je nach Gerätefunktion wird entweder die Unterbrechung des Strahls oder das vom Empfänger empfangene reflektierte Licht genutzt und ausgewertet. Das Messprinzip beruht dabei auf der Triangulation.

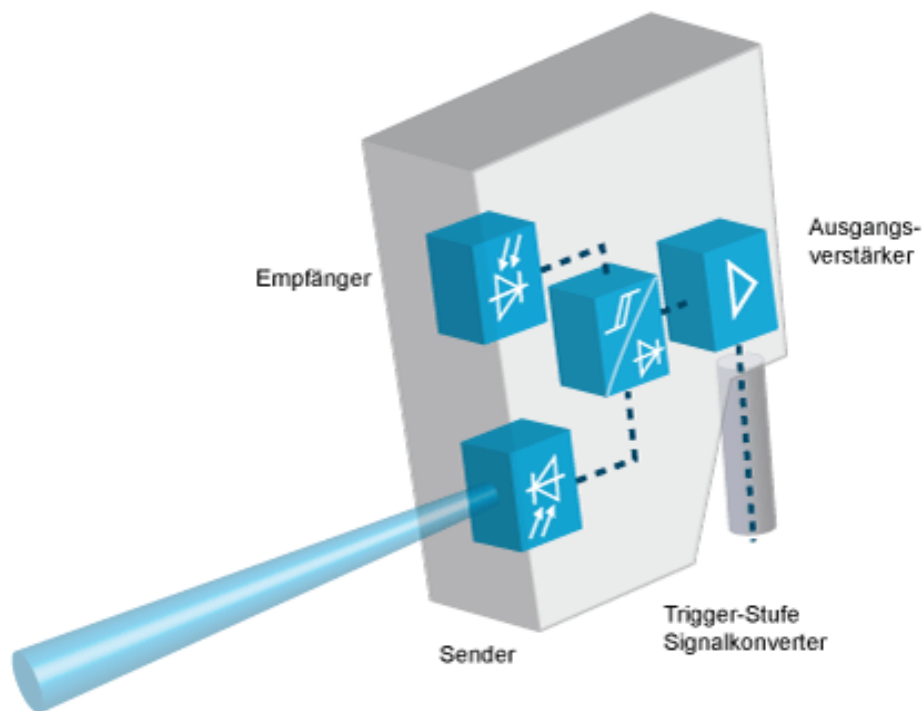


Abbildung 6: Lichttaster (www.Baumer.com)

- Messung mit und ohne Reflektor möglich
- Hochpräzise Messungen möglich
- Es können auch bewegte Objekte erfasst werden, da bis zu 1200 Messungen pro Sekunde möglich sind
- Messung über große Distanzen realisierbar, allerdings wird die Messung ungenauer je weiter das Objekt entfernt ist
- unabhängig von Farbe und Material des Gegenstandes
- unterschiedlichste Strahlformen und Lichtquellen erhöhen die Möglichkeiten in der Anwendung dieser Sensoren
- kein Verschleiss, da berührungsfreie Messung

Vorteile		Nachteile	
+	sehr kurze Ansprechzeiten	-	stoßempfindlich
+	hohe Auflösung	-	teuer
+	wartungsarm	-	anfällig für Staub und Schmutz
+	kleiner Messwinkel		

Tabelle 1: Vor- und Nachteile optoelektronischer Sensoren

Anwendungsgebiete:

Abstandsmessung

Geschwindigkeitsmessung

Füllstandsbeobachtung

Positionserfassung

...

3.1.2. Induktive Initiatoren

Da man den induktiven Sensor auf vielen Gebieten verwenden kann, ist er einer der meist genutzten Sensoren. Es gibt daher sehr vielfältige Bauarten und Varianten zur Nutzung dieser Sensorart.

Der induktive Sensor beruht auf der Wechselwirkung zwischen metallischem Leiter und seinem elektromagnetischen Wechselfeld. Im metallischen Bedämpfungsmaterial werden Wirbelströme induziert, die dem Feld Energie entziehen und dadurch die Höhe der Schwingungsamplitude reduzieren. Diese Änderung wird im induktiven Sensor ausgewertet.

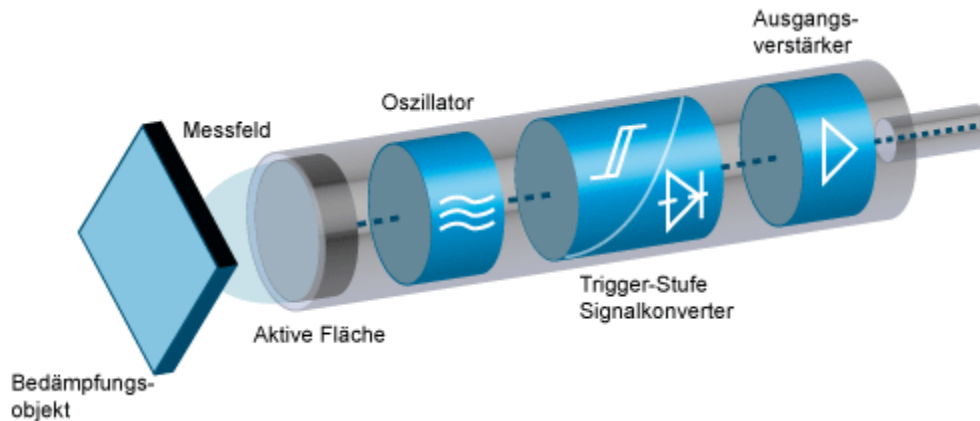


Abbildung 7: induktiver Sensor (www.Baumer.com)

- Induktive Sensoren sind als Schließer, Öffner oder programmierbar erhältlich
- Man kann sie je nach Bauart bündig oder nicht bündig einbauen
- Beim Einbau mehrerer Sensoren ist ein Mindestabstand einzuhalten, sowohl wenn sie gegenüber als auch in Reihe eingebaut werden
- Röntgenstrahlungen und Magnetfelder (z.B. durch Widerstandsschweißen) sorgen für eine erhebliche Beeinträchtigung der Messergebnisse
- Induktive Sensoren reagieren auf magnetische und elektrisch leitende Materialien
- Die Höchstreichweite wird an Stahl (St37) getestet und festgelegt, bei anderen Materialien reduziert sich die Reichweite um einen bestimmten Korrekturfaktor (Herstellerangaben)
- Auch als Sender-Empfänger-System nutzbar (z.B. zur berührungslosen Übertragung von Informationen, Reichweite: 1,5...15mm, recht teuer)
- Schaltfrequenz liegt zwischen 25Hz und einigen kHz
- Preise → zwischen 10€ und 250€

Vorteile	Nachteile
+ Hohe Schaltfrequenz + Berührungslose Messung + Verschleißfrei + Verschmutzungsunempfindlich + Hohe Auflösung + Günstig	- erkennt nur magnetische oder elektrisch leitende Gegenstände - kurzer Schaltabstand

Tabelle 2: Vor- und Nachteile induktiver Sensoren

Anwendungsgebiete:

Abstandsmessung

Schichtdickenmessung

Zählen von Objekten

Positionierung von Objekten/ Positionskontrolle

Selektion unterschiedlicher Materialien

Füllstandsmessung/ Pegelstandsmessung

Zur Erkennung von Öffnungen/ Vertiefungen in Werkstücken

Zur Erkennung von Vibrationen

Zur Prüfung von Rundlauf

Erkennen von Krümmungen, Wölbungen, Verformungen eines Objektes

Drehzahlmessung

...

3.1.3. mechanische Schalter

Unter mechanischen Sensoren versteht man Sensoren, die mit Hilfe von Berührung oder Magneten mechanisch schalten. Da es sehr viele verschiedene mechanische Schalter gibt, können hier nicht alle aufgezählt werden. Zu den mechanischen Sensoren gehören auch magnetisch betätigte Sensoren, Sensoren für Position, Annäherung, Kraft und Druck.

Mechanische Schalter sind schon für wenig Geld erhältlich, je nach dem was für einen Schalter benötigt wird, können sich die Preise – wie bei jedem anderen Sensor auch – sehr schnell und erheblich steigern.

Vorteile	Nachteile
+ preiswert + gute Wiederholgenauigkeit + robust + sehr zuverlässig	- Verschleiss - langsam, da berührend - mechanische Betätigung ist ein Eingriff in den Prozess

Tabelle 3: Vor- und Nachteile mechanischer Schalter

Anwendungsgebiete:

Zur Positionierung und Endabschaltung

In der Sicherheitstechnik

Zur Quittierung

Zum Messen von Winkeln und Strecken

...

3.1.4. Vision Sensoren

Ein Vision Sensor ist in der Lage Bilder mittels einer Kamera aufzunehmen, diese mit Bildverarbeitungsalgorithmen auszuwerten und dann eine entsprechende Reaktion auszulösen. Die Vision Sensoren gibt es hard- und softwareseitig in unterschiedlichen Ausführungen. Der modulare Aufbau bietet die Wahl zwischen standard- oder hochauflösend und unterschiedlichen Objektiven und Beleuchtungen. Damit sind sie für eine Vielzahl von unterschiedlichsten Einsatzmöglichkeiten geeignet.

Vorteile	Nachteile
+ günstig, wenn nur erkennend	- preisintensiv, wenn messend
+ hohe Genauigkeit	- Ausrichtung der Objekte
+ nicht berührend	- anfällig für Staub und Schmutz
+ kein umständliches Ausrichten des Sensors	

Tabelle 4: Vor- und Nachteile von Vision Sensoren

Anwendungsgebiete:

Aufdruckkontrolle

Code Erkennung

Lesen von Verfallsdaten

Identifikation und Prüfaufgaben

Farbinspektion

Unterschiedlichste Oberflächeninspektionen

Kontrolle von Montageprozessen

Vollständigkeitskontrolle

Allgemeine Qualitätskontrolle

...

3.2. Konstruktion

Im Vorfeld dieser Arbeit wurden einige Bauteile der Maschine nach vorhandenen technischen Zeichnungen am Computer nachmodelliert und viele Teile vor Ort ausgemessen. Da jedoch jede der sieben Maschinen im Laufe der Jahre individuelle Anpassungen erfahren hat, gestaltete sich der virtuelle Zusammenbau als schwierig, zu dem konnten nicht alle Teile übernommen werden. Daher liegt der Fokus dieser Arbeit hauptsächlich auf der Erstellung neuer Konzepte zur Lösung der zunächst wichtigsten Problemstellungen.

Bei der Planung und Strukturierung ist auf einige Schwerpunkte besonders zu achten. Zum einen muss bei den neuen Konzepten darauf geachtet werden, dass die Maschine für verschiedene Drahtstärken und Federlängen und –durchmesser ausgelegt ist. Der Näherungsschalter muss also beispielweise schnell und unkompliziert auf von der Mindestfederlänge 18mm auf die Maximallänge 50mm zu verstellen sein.

Des Weiteren können nicht vermeidbare Parameter die Sensorik und Aktorik beeinflussen. So kann es beim Aufwickeln der Feder zu Spanbildung kommen, die die Messungen der Sensoren stören können. Ausserdem können die Vibrationen und Erschütterungen ebenfalls kritisch sein.

3.2.1. Näherungsschalter

Im Laufe der Arbeit bildeten sich drei Hauptproblemstellungen heraus, die es konstruktiv zu lösen galt. Das zunächst wichtigste war hierbei den bisher mechanischen Taster zur Bestimmung der Federlänge, durch einen neuen elektronischen Näherungsschalter zu ersetzen. Kritisch ist dabei auf Grund der besonderen Form der Feder, ob und in wie fern es möglich ist das Federende genau zu detektieren.

Induktiver Sensor

Zunächst wurde überlegt dafür einen induktiven Initiator zu verwenden, dieser bietet den Vorteil, dass er berührungslos ist und daher nicht verschleißt. Außerdem schalten induktive Sensoren schnell und arbeiten auch auf Dauer sehr genau. Grundlegend kommt auch dessen Verschmutzungsunempfindlichkeit zu gute, da beim Abschneiden des Federblockes kleinste Zinkteile abfallen. Dieser Zinkstaub legt sich mit der Zeit auf der gesamten Maschine ab und ist besonders in der Umgebung der Abschneidevorrichtung nicht zu unterschätzen. Ob und wie stark die Zinkpartikel die Funktion eines induktiven Sensors beeinträchtigen ist schwer zu sagen und müsste getestet werden.

Des Weiteren gestaltet sich die Ausrichtung des Sensors auf das Federende schwierig, da der Messbereich stark begrenzt ist und je nach Ausführung nur wenige Millimeter beträgt. Es müsste daher ein ähnliches System wie bei dem bisherigen mechanischen Taster vorgesehen werden, dass von der Feder wegfährt und diese abtrennt werden kann. Dieser konstruktive Nachteil macht den induktiven Sensor für dieses Problem unattraktiv.

Optoelektronischer Schalter

Eine weitere Möglichkeit für diesen Fall ist der optoelektronische Sensor. Speziell Lichttaster sollen hier näher betrachtet werden. Zunächst ist hier zu sagen, dass für Lichttaster drei verschiedene Lichtquellen genutzt werden können. Zum einen sind das Infrarot-LED's, welche zwar einen großen Messabstand besitzen, jedoch keinen sichtbaren Lichtpunkt. Das Einstellen des Lichttasters auf einen kleinen Gegenstand wie ein Federende, wäre somit äußerst schwierig. Einfacher zu justieren sind da Lichttaster mit normalen LED's. Diese haben ein gut sichtbaren Lichtpunkt, welcher jedoch mit wachsendem Messabstand deutlich größer wird. Die optimale Lösung bietet die dritte mögliche Lichtquelle: Laserdioden.



Abbildung 8: Lasersensor (www.Keyence.de)

Laser-Lichttaster sind in der Lage auch sehr kleine Messobjekte zu erfassen, da sie einen sehr kleinen Lichtpunkt besitzen. Dieser wird zwar auch mit steigendem Messabstand größer, bietet aber ausreichendem Abstand immer noch beste Detektierungseigenschaften. Und ausreichender Abstand ist zwingend erforderlich, zum einen da der zur Verfügung stehende Bauraum stark eingeschränkt ist und zum anderen da optische Sensoren für Verschmutzung sehr

anfällig sind. Die Möglichkeit den Lasersensor, aufgrund seines großen Messabstandes, weiter von der Verschmutzungsquelle entfernt anbringen zu können, ist somit sehr praktisch. Eine regelmäßige Reinigung ist jedoch unerlässlich.

Des Weiteren ist kritisch, dass beim Aufwickeln der Feder Späne entstehen. Diese bilden sich im Inneren des Federblockes und wickeln sich spiralförmig nach aussen. Dadurch könnte es zu einer Fehlmessung kommen, da der Laserstrahl vorzeitig unterbrochen wird. Um dies zu verhindern wurden zwei Möglichkeiten ausgearbeitet wie der Laser ausgerichtet werden könnte bzw. welche Eigenschaften der Feder am sichersten zu detektieren sind (siehe Abb.9). Zum einen wäre es möglich den Laserstrahl auf die Federendenfläche auszurichten, so könnten die Späne im Inneren umgangen werden. Jedoch müsste dann der Laserlichttaster in einer y-Achse einstellbar sein, da unterschiedliche Federdurchmesser abzudecken sind. Außerdem macht das kurvenartige Hineindrehen in den Laserstrahl die Messung ungenau.

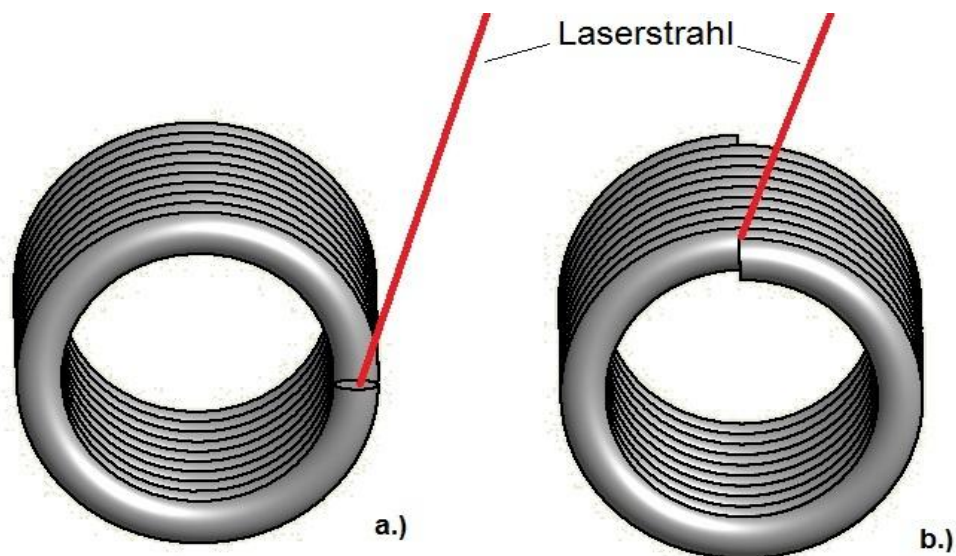


Abbildung 9: mögliche Varianten der Detektion

a) Ausrichten auf Federendenfläche

b) Ausrichten auf Federendenkante

Günstiger ist daher das Ausrichten des Lasers auf die Federendenkante. Da sich somit das Federende seitlich in den Strahl hineindreht und schlagartig unterbricht, ist eine wesentlich genauere Messung möglich. Konstruktiv vorteilhaft ist, dass somit der Durchmesser der Feder nicht relevant ist, da der Laser beispielsweise auf die Mitte der Feder ausgerichtet werden kann. Durch das Einstellen eines Messbereiches (siehe Abb.10) kann auch bei dieser Variante die Fehlmessung durch Späne verhindert werden. So ist es beispielsweise möglich, den Messbereich des Lasers auf 2mm vor und nach dem Federende zu beschränken, wodurch auch die Gefahr von Fehlern minimiert wird.

Für den Näherungsschalter wurde der Lasersensor GV-H130 der Firma Keyence gewählt. Dieser Sensor für mittleren Messabstand bietet eine hohe Ansprechgeschwindigkeit und eine stabile Erfassung. Mit einem Messbereich von 55 bis 130mm ist er für diese Anwendung bestens geeignet. Einen Sensor mit größerem Messbereich wäre zwar ebenfalls möglich, jedoch steigen mit der Leistung des Sensors auch die Kosten für diesen.

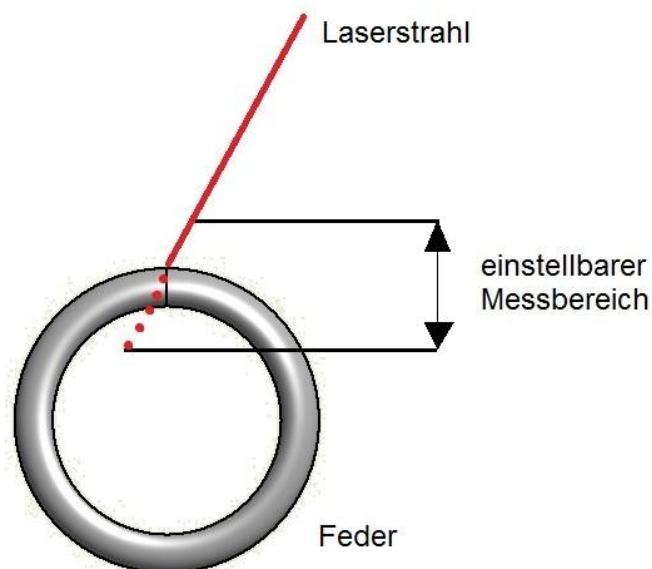


Abbildung 10: Messbereich vor und nach der Federendenkante

Da zunächst in einem Vorgespräch mit einem Vertreter der Firma Keyence nur allgemein über die Möglichkeiten von Lasersensoren gesprochen wurde, bzw. über mögliche Alternativen, wurde ein Termin am Standort der Maschine vereinbart. Im Vorgespräch wurde zwar schon versucht das Abtasten bei der Aufwicklung einer Feder zu simulieren, jedoch konnte dabei nur die Drehung um die Federachse dargestellt werden, nicht der Vorschub.

Ein Lasersensor wurde provisorisch an einer Maschine befestigt und im realen Produktionsprozess erfolgreich erprobt. So wurde zunächst geprüft, ob es überhaupt möglich ist das Federende mit einem Lasersensor zu erfassen, dass heißt ob die Abtastrate und die Genauigkeit des Lasers ausreichen um das Federende zu detektieren. Bei genauer Einstellung des Laserlichtpunktes überzeugt jedoch die hohe Wiederholgenauigkeit. Der Laser ist zwar gepulst, er misst also nicht permanent, ist aber mit einer Messung alle 1,5ms eindeutig schnell genug für das Aufwickeln der Feder.

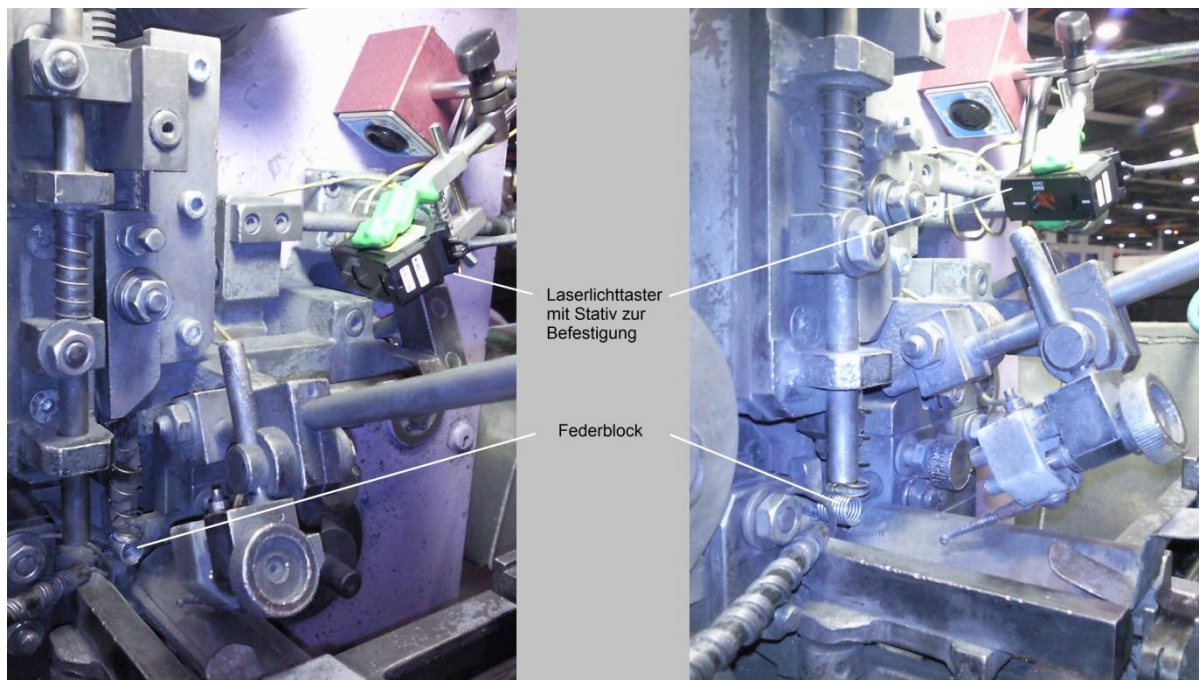


Abbildung 11: Test des Laserlichttasters an der Maschine

Ebenfalls konnten die beiden im Vorfeld überlegten Varianten praktisch getestet werden. So konnte bestätigt werden, dass das Ausrichten auf die Federendenkante wesentlich genauer ist. Des Weiteren zeigte der Versuch das durch eine instabile Befestigung Stösse und Schwingungen die Messungen stark verfälschen können.

Da im Allgemeinen die Messung umso genauer ist, je näher sich der Lasersensor am zu messendem Objekt befindet, wurde zur Befestigung eine freie Position rechts über der Feder gewählt. Zum einen da kaum freier Raum zur Verfügung steht und zum anderen da so der Sensor ein wenig von der Quelle der Staubentstehung entfernt ist.

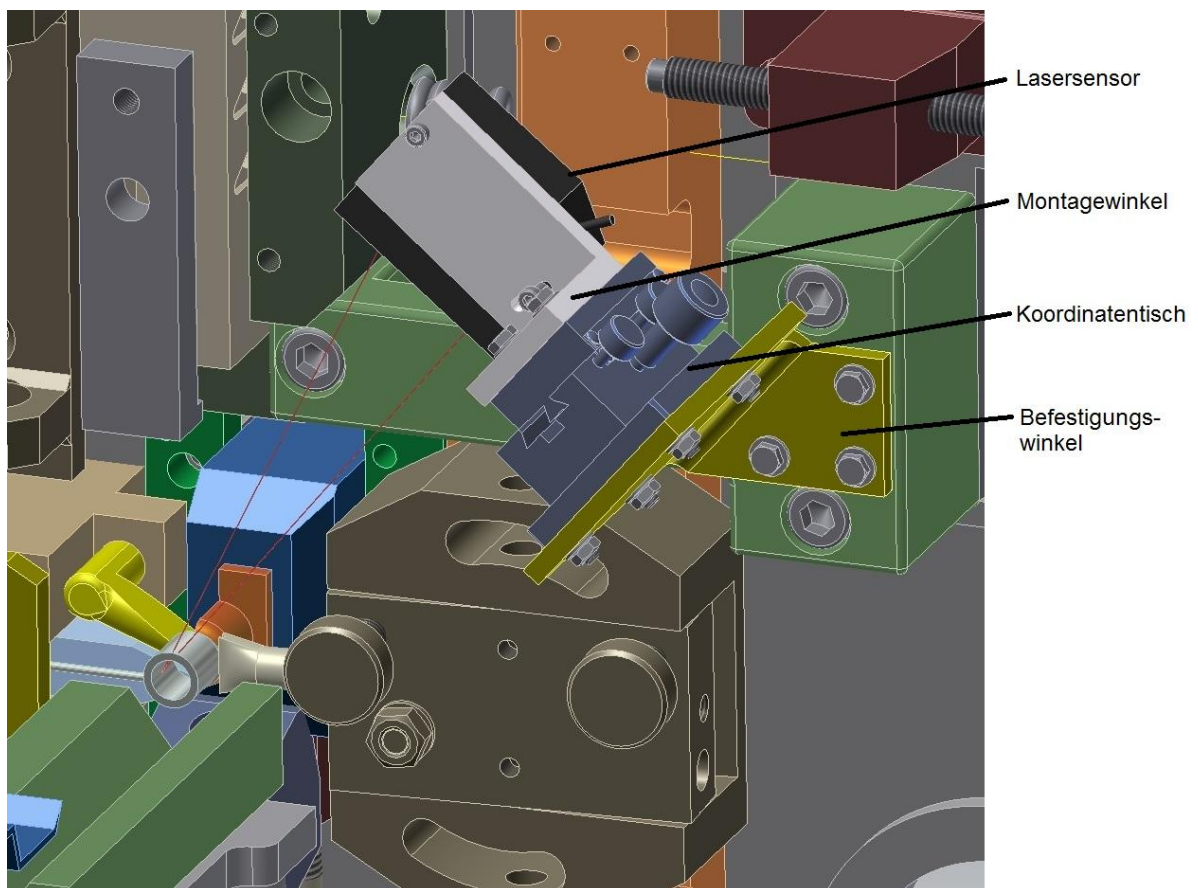


Abbildung 12: Lasermesssystem

Der Laser wird durch einen Winkel an der Vorderwand der Maschine befestigt worauf wiederum ein Präzisionstisch angebracht wird (siehe Abb.12). Der Präzisionstisch wird durch ein Schwalbenschwanz-Profil geführt. Bei dieser Koordinatentischführung greift ein Außenstück in die T-Nut des Innenstückes und wird darin in Längsrichtung verschiebbar geführt. Das ermöglicht es den Lasersensor entlang einer Achse parallel zur Feder zu verschieben. So können problemlos Federn mit verschiedenen Längen detektiert werden. Auf dem Präzisionstisch, auch Koordinatentisch genannt, wird über einen Montagewinkel der Sensor befestigt. Durch eine Langloch-Bohrung in dem Montagewinkel kann zusätzlich der Winkel des Laserstrahls zur Feder kalibriert werden.

Der Präzisionstisch hat einen Verfahrweg von $\pm 16\text{mm}$, da er auf eine Federlänge von 18mm ausgerichtet ist, kann somit eine Federlänge von maximal 50mm abgedeckt werden. Es ist jedoch auch möglich den Koordinatentisch auf einem Raster anzubringen. So kann einerseits eine größere Federlänge ermöglicht werden, andererseits ist somit ein schnelles Verfahren des Präzisionstisches möglich.

Neben der Federlänge ist aber auch die Stellung des Federendes wichtig. Daraus ergibt sich dann später beim Aufbiegen die Stellung der Federenden zueinander. Diese Stellung kann bei den zu produzierenden Federtypen abweichen, so gibt es Zugfedern mit parallelen Ösen oder auch beispielsweise 90° zueinander versetzt. Dies ermöglicht ein Drahtvorschub durch einen Servomotor. Der Laser schaltet sobald er das Federende erkannt hat, nun kann durch den Servomotor je nach Ermessen eine Nachlaufzeit eingestellt werden. Die Feder wird also, nach dem sie detektiert wurde, weiteraufgewickelt bis das Federende eine bestimmte Position erreicht hat. Somit ändert sich nicht nur der Winkel sondern auch die Länge der Feder. Hauptsächlich soll so jedoch der Winkel reguliert werden, die Länge nur begrenzt, denn das Federende soll nicht über 360° weiter aufgewickelt werden. Da das physische Messen durch einen Sensor mit weniger Aufwand verbunden ist als die Länge der Feder über die Anzahl der Inkremente zu steuern. Somit ist die Nachlaufzeit eher als eine Feineinstellung anzusehen.

3.2.2. Längenmessung

Nach dem Aufwickeln und Abschneiden der Feder war die Überprüfung der Federlänge ein weiteres Problem das es zu lösen galt. Da die Federblöcke vor der Bearbeitung überprüft werden müssen und der zur Verfügung stehende Bauraum stark begrenzt ist, musste ein Messsystem gefunden und ausgelegt werden, das für die zu messenden Gegenstände geeignet ist und klein genug ist um konstruktiv „verarbeitet“ zu werden.

Lichtschanke:

Zunächst wurde überlegt das Messen des Federblockes durch eine Lichtschanke zu ermöglichen. Diese kann so eingestellt werden das sie nur auf Objekte einer bestimmten Größe reagiert, so könnten Fehlmessungen durch Späne verhindert werden. Die Lichtschanke könnte an der Schiene angebracht werden auf der die Federblöcke weitergegeben werden. Während die Federn also durch einen Hebel über die Schiene auf den Drehteller geschoben werden, würden diese die Lichtschanke durchschreiten. So wäre eine indirekte Messung möglich in dem die Differenz zwischen Ein- und Austritt ausgewertet wird. Indirekt, da die Länge der Feder nur aus der zeitlichen Differenz berechnet wird und nicht die Länge selbst aufgenommen wird. Die Geschwindigkeit müsste also bei der Weitergabe stets konstant sein.

Des Weiteren muss die Feder unbedingt linear geführt werden, da die Stellung der Federn immer gleich sein muss. Die lineare Führung ist durch die Weiterführungsschienen zwar gewährleistet, jedoch kommt es dazu, dass bei der ruckartigen Weitergabe durch den Hebel die Feder leicht aufspringt. Mit der Erhöhung der Taktzeit würde es bei diesem System zu Messfehlern kommen. Zu dem kommt die Anfälligkeit für Staub und Verschmutzung und die Einschränkung der Zugänglichkeit die für Einstellungen und Anpassungen benötigt wird.

Vision Sensor:

Ein weiterer Gedanke war die Benutzung eines Vision Sensors. Diese Bildverarbeitungssensoren sind in der Lage Gegenstände zu erkennen. So ist es nicht nur möglich die Kante des Federendes zu erfassen, sondern auch die Drehlage des Federendes. Weiterhin erkennt der Vision Sensor den Federblock an sich, sondern auch dessen physikalische Größen, wie z.B. Länge und Breite. Jedoch sind messende Systeme deutlich teurer als einfache erkennende Systeme. Auch konnte nicht geprüft werden, ob die Bildrate des Sensors ausreicht um die Feder im Produktionsprozess zuerkennen.

Besser geeignet ist dieser Initiator daher als erkennender Sensor zur Überprüfung der Lage der aufgestellten Federenden bzw. des Winkels zueinander. Derzeit ist die Maschine mit einem Bilderkennungssystem mit zwei Kameras ausgerüstet, jedoch wird jedes Federende separat überprüft. Jede der beiden Kameras prüft nach dem Aufstellen des Federendes. Schließlich wird auf Grund dessen beim Auswurf der Feder eine Selektion von Gut- und Nicht-Gut-Teilen vorgenommen. Um beide Enden genau zu kontrollieren, müssten beide jedoch auf einem Bild sein, also mit einer Kamera geprüft werden.



Abbildung 13: Vision Sensor (www.Baumer.com)

Induktiver Wegaufnehmer:

Schliesslich fiel die Wahl auf ein Messsystem mittels induktiven Wegaufnehmers. Diese arbeiten meist nach dem Prinzip der Differentialdrossel (induktive Halbbrücken). Sobald die magnetische Permeabilität des Materials in der Spule variiert, ändert sich die Induktivität der Spule. Induktive Wegaufnehmer finden häufig Anwendung in verschmutzter Umgebung sowie für kleinere Weglängen von einem Millimeter bis zu einem halben Meter.

Des Weiteren bietet dieses Meßprinzip Verschleißfreiheit, unbegrenzte Auflösung und sehr große Reproduzierbarkeit. Für das Längenmesssystem wurde ein Wegaufnehmer der Firma TWK Elektronik gewählt welcher auf Grund seiner hohen Vibrations- und Schockfestigkeit besonders für den Dauereinsatz geeignet ist.

Über einen Messaufsatz an einen pneumatischen Zylinder gekoppelt, soll das Wegmesssystem gegen einen Anschlag messen. Dabei musste darauf geachtet werden, dass verschiedene Federtypen vorgesehen sind. Das heißt es muss auf die unterschiedlichen Durchmesser und Federlängen geachtet werden, weshalb der Anschlag oder das Messsystem auf verschiedene Längen einstellbar sein muss.

So bildeten sich zwei mögliche Konstruktionsvarianten heraus. Zum einen eine längenverstellbare Messeinheit innerhalb des Drehtellers mit einem festen Anschlag außen (siehe Abb.14), wobei das Messsystem auf einer Platte über eine Hohlwelle im inneren des Drehtellers befestigt werden muss. Somit ist dieses System jedoch instabil und sehr anfällig für Schwingungen. Schlussendlich bietet diese Anordnung auch zu wenig Platz zur Konstruktion der Messeinheit.

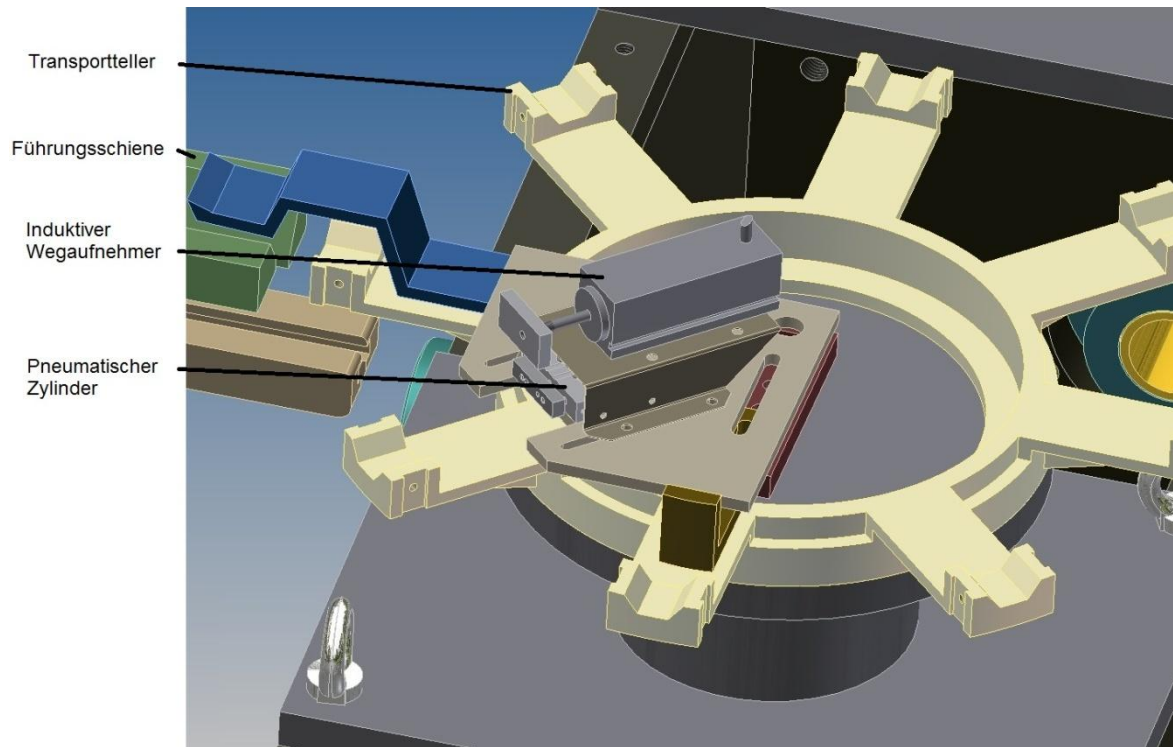


Abbildung 14: Längenmesssystem auf der Innenseite des Drehtellers

Wesentlich günstiger ist es daher die Messeinheit ausserhalb fest anzubringen und auf der Innenseite des Drehtellers einen variablen Anschlag vorzusehen (siehe Abb.15). Somit kann das ganze System stabil am Gehäuse befestigt werden. Der induktive Wegaufnehmer wird über Gelenkköpfe mit dem Messaufsatz und somit mit dem pneumatischen Zylinder gekoppelt um Spiel und Verdrehung zu verhindern. Als Antrieb wurde der Mini-Führungszyylinder DFC der Firma Festo ausgewählt, welcher den Vorteil bietet linear geführt zu sein und auf Grund der minimalen Abmaße auch für kleinste Bauräume geeignet ist. Der pneumatische Zylinder ist für einen Messhub von 10mm ausgelegt um die Feder gegen den Anschlag zu schieben, über den Wegaufnehmer wird dann die Federlänge ermittelt.

Der innere Anschlag wurde über einen Winkel mit der Messeinheit befestigt, sodass das gesamte System eine Einheit ist um Messfehler gering zu halten.

Wegen des Verschleisses wurde der Anschlag als gehärteter Stahl ausgelegt, des Weiteren ist seitlich ein Leitblech befestigt, um die Feder vor den Anschlag zu schieben.

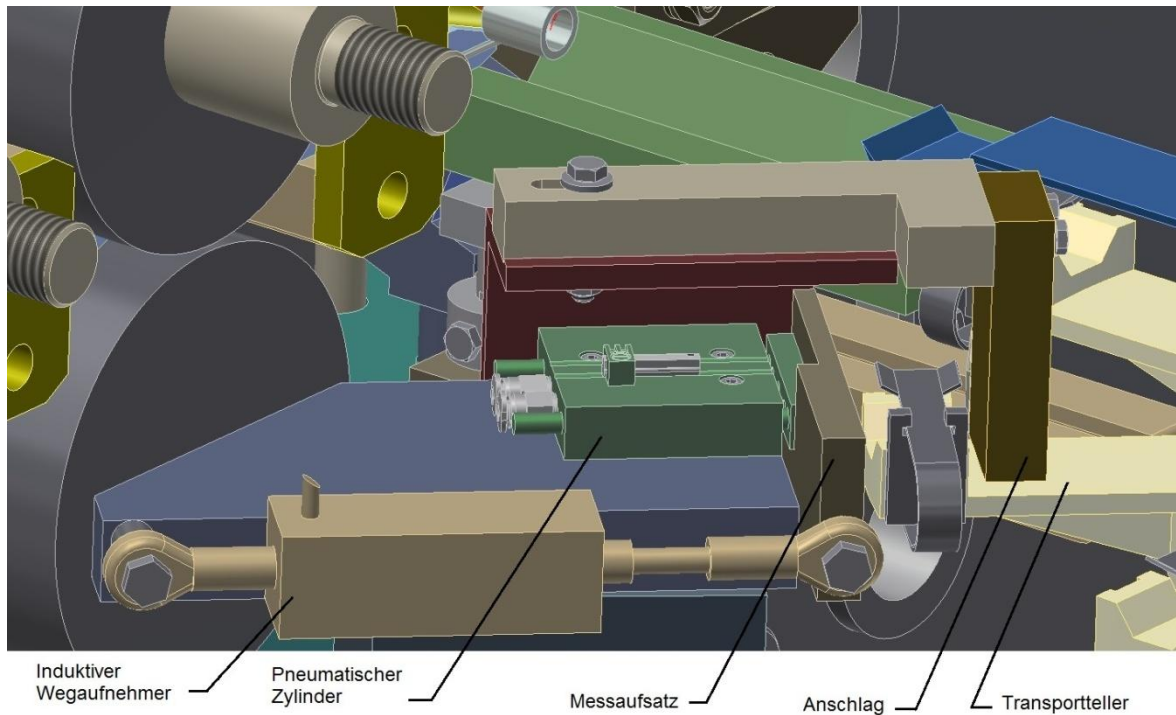


Abbildung 15: Längenmesssystem ausserhalb des Drehtellers

3.2.3. Auswurfstation

Nach der Überprüfung der Federlänge soll nun auch eine Vorrichtung konzipiert werden die die Nicht-Gut-Teile sofort aussortiert. Hierfür gilt es zunächst eine geeignete Station zu finden an der die fehlerhaften Federn aus dem Produktionsprozess heraus genommen werden können und die ausreichend Platz für eine Konstruktion bietet. Da an der ersten Station des Drehtellers (45°) das Wegmesssystem angebracht wird und an der nächsten Station (90°) sich von vorn herein eine Vorrichtung zum Ausrichten des Federendes befindet, bleibt also als

nächstbeste Möglichkeit die dritte Station bei 135° . Somit werden fehlerhafte Federn zwar zunächst mit ausgerichtet, können aber vor der Aufbiegestation ausgelesen werden.

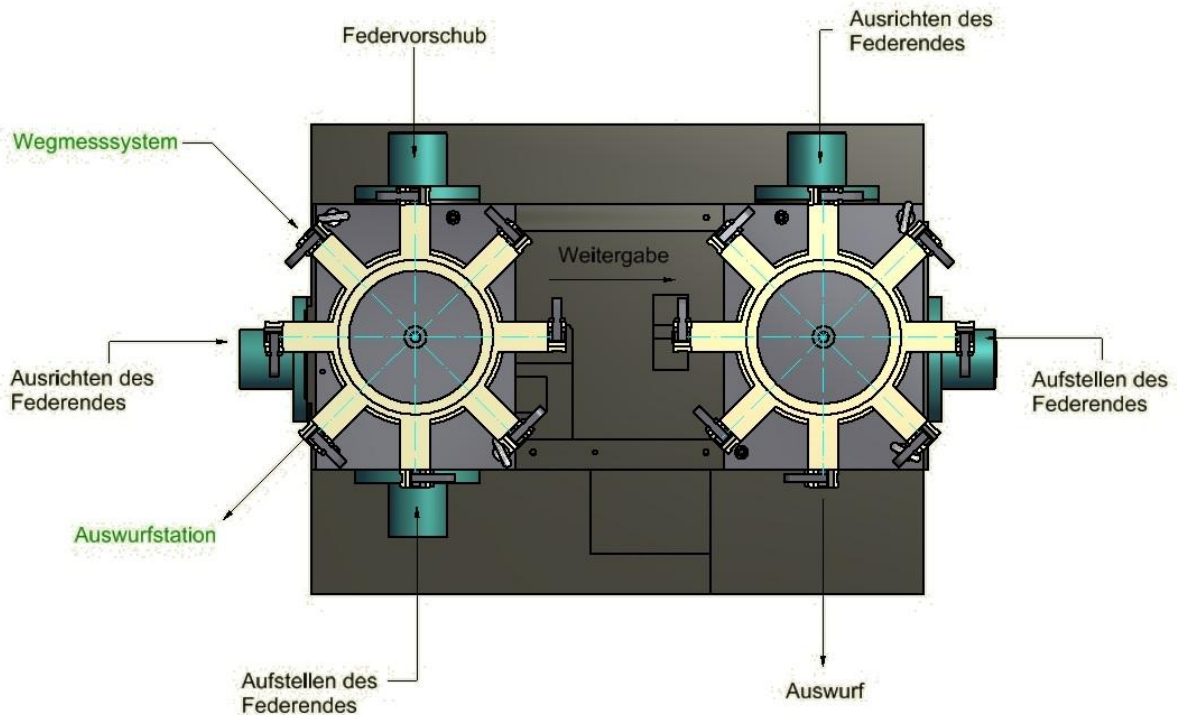


Abbildung 16: neu konzipierte Station

Das Aussortieren soll durch einen pneumatischen Zylinder geschehen. Auch bei dieser Problemstellung gestaltet es sich als schwierig den Zylinder auf der Innenseite des Drehtellers zu befestigen, da diesmal die benötigte Hublänge wesentlich länger ist als bei der Längenmessstation. Der Auswurfzylinder muss auf jeden Fall die größtmögliche Federlänge abdecken die bei 50mm liegt, dazu kommt ein kleiner zusätzlicher Puffer. Somit scheidet ein Kolbenstangenzyylinder von vorn hinein aus, da die Kolbenstangen in eingefahrenem Zustand zusätzlich Platz benötigen.

Die Wahl fiel daher auf einen kolbenstangenlosen Linearantrieb DGC der Firma Festo mit einer Hublänge von 60mm. Dieser überzeugt zunächst durch seine kompakte Abmessungen im Vergleich zur Hublänge und die hohe Präzision und Belastbarkeit. Weiterhin kann der Zylinder einfach und robust befestigt werden.



Abbildung 17: kolbenstangenloser Linearantrieb DGC (www.Festo.com)

Der Linearantrieb wird hängend über dem Drehteller angebracht (siehe Abb.18). Das wird durch Profile ermöglicht, welche über einen Befestigungswinkel auf dem Deckel der Federbiegemaschine fixiert sind. Dafür wurden Profile der Firma item verwendet, die sich vor allem für gewichtsoptimierte Konstruktion eignen. Der Optik und besonders der Reinhaltung wegen, wurden Profile mit geschlossenen Nuten gewählt.

Durch Nutensteine und Montagewinkel wird der Auswurfzylinder an dem Profil befestigt. So kann problemlos auch ein größerer Zylinder zum Auswerfen längerer Federn verwendet werden. Über einen Winkel ist ein Anschlag am Schlitten des

Zylinders angebracht der die Federn nach aussen schiebt. Somit ist nach der Längenüberprüfung auch die Selektion der fehlerhaften Teile möglich. Die zweite endgültige Selektion erfolgt dann durch das Bildverarbeitungssystem bei der Überprüfung der Federendenstellung.

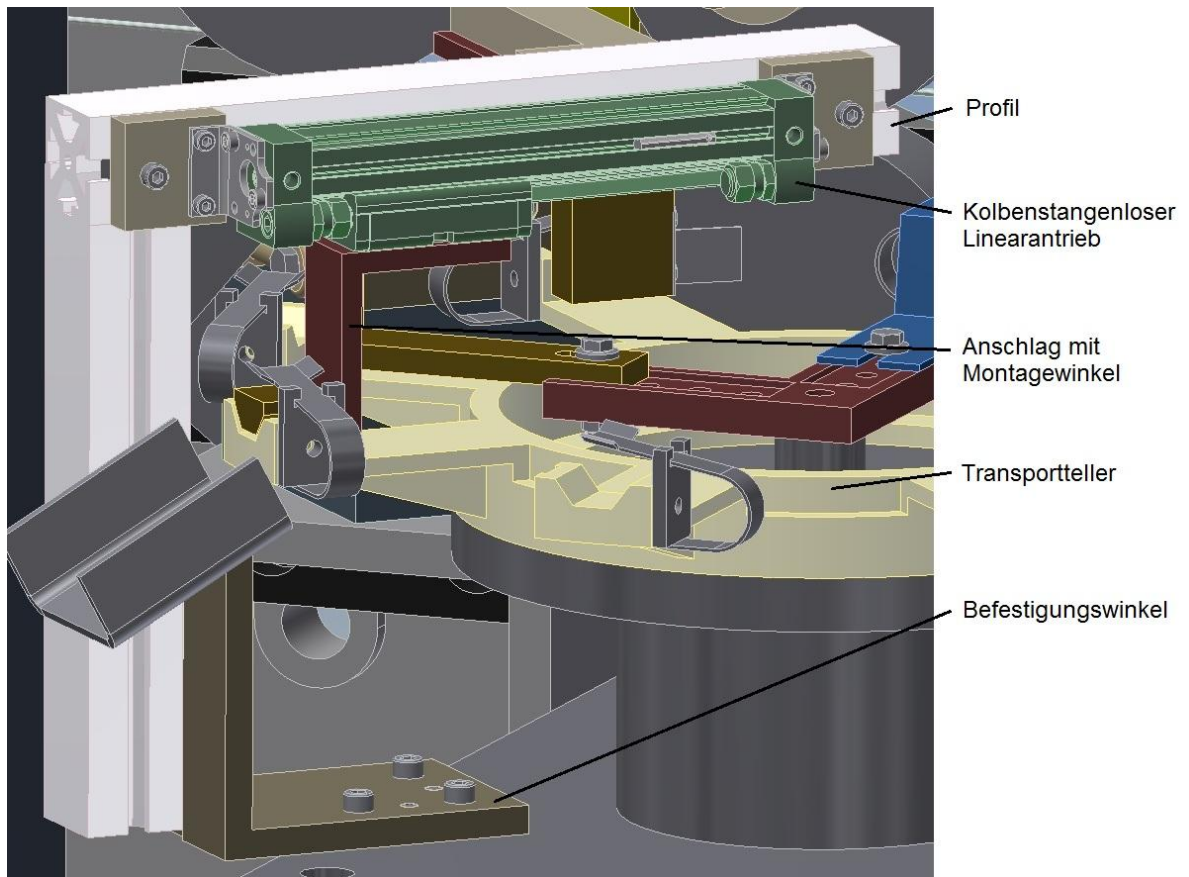


Abbildung 18: Auswurfstation an 135°-Position

3.3. Simulation

Parallel zum Retrofit der Federbiegemaschine entstand seitens euro engineering die Idee ein Programm zu entwickeln mit dem eine am Computer erstellte Maschine virtuell in Betrieb genommen werden kann. So soll das Programm später mit einer realen SPS gekoppelt werden um das Zusammenspiel der

verschiedenen Komponenten und Prozesse zu testen und zu optimieren. Das bietet dem Konstrukteur die Möglichkeit, vor dem Beginn der Fertigung eventuelle Fehler zu erkennen bzw. kritische Schwerpunkte zu analysieren und zu beheben. So können kostenrelevante Eingriffe oder terminliche Verzögerungen vermieden werden.

3.3.1. Hintergrund und Arbeitsweise

Derartige Software zur virtuellen Inbetriebnahme ist zwar bereits existent, jedoch nur in umfangreichen Softwarepaketen erhältlich und zu dem sehr teuer. So wurde überlegt ein Tool zu entwickeln, dass auf ein herkömmliches 3D-Konstruktionsprogramm, speziell Autodesk Inventor, zugreift, um so Bewegungsabläufe einer erstellten Baugruppe zu steuern.

Dies konnte mit Hilfe von Herrn Daniel Markert, einem IT-Student an der TU Chemnitz realisiert werden, der sich vor allem mit der Programmierung beschäftigte. Zunächst bedurfte es hier intensiver und tiefgründiger Recherche. Speziell wie es möglich ist auf das Konstruktionsprogramm zuzugreifen und natürlich auch um zu ermitteln was auf diesem Gebiet bereits geschehen ist. So wurde relativ schnell klar, dass mit Inventor auf diese Weise, zumindest offiziell, noch nichts verwirklicht wurde. Jedoch bietet die Software eine sehr anwendungsfreundliche API-Schnittstelle, sodass es problemlos möglich ist darauf Einfluss zu nehmen.

Die Überlegung war dabei Folgende: Bei der Erstellung einer Baugruppe werden Abhängigkeiten vergeben um Bauteile zueinander auszurichten. Diese Abhängigkeiten werden durch Parameter definiert, beispielweise der Abstand oder Winkel zu einem anderen Bauteil. Um nun einen Bewegungsablauf zu erzeugen muss dieser Parameter schrittweise verändert werden. Durch Befehle im Quelltext des Programmes wird zunächst das aktive Konstruktionsprogramm angesteuert,

dann die aktuelle Baugruppe und zuletzt deren Parameter ausgelesen. Die Parameter werden nun Schritt für Schritt auf die gewünschten Werte erhöht.

Nach jedem dieser Schritte wird ein Bild gemacht, welche, falls gewünscht, direkt im Anschluss zu einem Video zusammengeschnitten werden. Der Blickwinkel entspricht dabei der aktuell im Programm aktiven Ansicht.

Da natürlich auch mehrere, teilweise nicht direkt in Zusammenhang stehende, Bauteile bewegt werden müssen, spielt auch das Verknüpfen der Schritte untereinander eine wichtige Rolle. Der komplette Bewegungsablauf soll möglichst realistisch dargestellt werden. Dass heißt Sensoren und Schalter die in der Realität den nächsten Schritt im Produktionsprozess auslösen, sollen auch bei der virtuellen Inbetriebnahme die Verbindungspunkte sein.

3.3.2. Umgang mit der Software

Bei der Programmierung war eine Bedingung die Benutzeroberfläche so einfach wie möglich zu halten. Die Software muss möglichst intuitiv bedienbar bzw. selbsterklärend sein.

Zunächst wird die gewünschte Baugruppe ausgewählt und im Programm geladen. Dabei werden auch die Abhängigkeiten und Parameter ausgelesen. Zu Beginn werden Schritt für Schritt die einzelnen Aktoren eingegeben. Dass heißt es wird der Parameter der Abhängigkeit eingegeben, der Startwert und um welchen Wert er verändert werden soll. Die Software erkennt dabei anhand der Art des Parameters (Grad oder Millimeter) ob es sich um eine Translation oder eine Rotation handelt.

Bei einer Rotation muss zusätzlich angegeben werden ob es sich um eine Drehung mit positiven oder negativen Drehsinn handelt. Weiter muss angegeben werden wie lang der Schritt dauern und ob er beim Start aktiv sein soll. Dass heißt

ein Schritt, zumeist der erste, muss definitiv beim Start aktiv sein um den Bewegungsablauf in Gang zu setzen.

Schliesslich kann dem Schritt auch noch eine Abhängigkeit zugewiesen werden, die währenddessen unterdrückt oder freigegeben wird. Der Sinn dabei ist, dass man einem Objekt Abhängigkeiten zu unterschiedlichen anderen Bauteilen geben kann.

Es ist also möglich ein Objekt zunächst in Abhängigkeit zu Bauteil A zu bewegen, da die Abhängigkeit zu Bauteil B unterdrückt ist, und dann umgekehrt. Dazu müssen jedoch die Abhängigkeiten im Vorfeld bei der Konstruktion vergeben und unterdrückt werden, da die Baugruppe sonst überbestimmt ist.

Virtuelle Inbetriebnahme

Aktoren | Sensoren | Verknüpfen

Schrittname:

Parameter:

Startwert in Grad: Betrag in Grad: Dauer in ms:

☒ Translation ☒ Rotation mit positivem Drehsinn ☐ Rotation mit negativem Drehsinn

☒ Abhängigkeiten

Beschreibung des Schrittes:

☐ Beim Start aktiv

Name	Parameter	Bewegungsart	Startwert	Zielwert	Betrag	Zu Beginn	Dauer
Aufwickeln	d551	Translation	36 mm	60 mm	24 mm	aktiv	750 ms
Abschnei...	d34	Translation	-30 mm	-10 mm	20 mm	inaktiv	750 ms
Feder fällt	d554	Translation	-35,5 mm	-47 mm	-11,5 mm	inaktiv	750 ms
Weitergabe	d551	Translation	60 mm	208 mm	148 mm	inaktiv	750 ms
Drehung ...	d619	Rotation (+)	90 °	135 °	45 °	inaktiv	750 ms

Nr.	Schrittname	Parameter	Startwert	Endwert	Betrag	Auslöser	Aktiviert
1	Aufwickeln	d551	36 mm	60 mm	24 mm	Zu Beginn	
2	Abschneiden	d34	-30 mm	-10 mm	20 mm	Laser	Link 1
3	Feder fällt	d554	-35,5 mm	-47 mm	-11,5 mm	Link1	Link 2
4	Weitergabe	d551	60 mm	208 mm	148 mm	Link2	Link 3
5	Drehung auf 45	d619	90 °	135 °	45 °	Link3	

☐ Gif erstellen ☒ Parameterwerte rücksetzen nach Abschluss

Abbildung 19: Eingabefenster der Virtuellen Inbetriebnahme

Das Verknüpfen der Schritte erfolgt, wie in der Realität, über Sensoren. Dabei wird ein Parameter zugewiesen, der den Sensor auslösen soll. Darauf folgt die Eingabe des Schwellenwertes und der Reaktionszeit. Zuletzt muss dem Sensor zu geordnet werden welchen Schritt oder auch welche Schritte er auslösen soll.

Bei der Eingabe der Parameter zeigt sich schnell, dass bereits bei der Konstruktion auf einige Dinge zu achten ist. In einer großen Baugruppe verliert man leicht die Übersicht über die Abhängigkeiten und deren Parameter. So ist es also sinnvoll die zu simulierende Baugruppe im Vorhinein aufzubereiten. Da „inventor-intern“ alle Parameter und Abhängigkeiten aufnummeriert werden, also beispielweise „d1“ bis „d225“ oder „passend1“ bis „passend175“, ist es hilfreich die benötigten Parameter umzubenennen. Bei der Eingabe können diese somit schnell ausgewählt werden.

Empfehlenswert ist es auch, bei der Aufarbeitung der Baugruppe, einen Ablaufplan der Simulation zu erstellen. Werden dabei Schritt für Schritt die Parameter notiert und deren Start- und Zielwerte, kann so schnell und unkompliziert die Baugruppe kinematisiert werden. Das Ändern der Parameternamen ist daher nicht zwingend notwendig und bleibt letztendlich dem Bediener überlassen.

Um einen Ablaufplan nicht bei jedem Programmstart wieder neu eingeben zu müssen, können alle Werte in einer Datei gespeichert werden. Somit können verschiedene Abläufe schnell und unkompliziert geladen werden. Vorteilhaft ist auch, dass alle bei der Virtuellen Inbetriebnahme veränderten Parameter nach der Simulation auf ihren ursprünglichen Wert zurückgestellt werden können.

3.3.3. Beispiel Federwickel- und Biegemaschine

Während der Programmierung wurde die Software regelmäßig am Beispiel der Federwickel- und Biegemaschine praktisch getestet. Dabei konnten bereits diverse kritische Punkte erfasst werden.

Problematisch ist beispielweise das Verknüpfen von Schritten, die nicht durch Initiatoren ausgelöst werden, sondern durch Logik bzw. Naturgesetze.

Am Beispiel des Schrittes „Feder fällt“ heißt das:

„Wann fällt die Feder auf die Schiene? → Wenn die Feder abgeschnitten wurde.“

Es ist also kein Sensor der Auslöser dafür, dass die Feder auf die Führungsschiene fällt sondern die Schwerkraft. Diese lässt sich jedoch freilich nicht im Virtuellen darstellen. Daher wurde der Schritt vorerst dargestellt, indem der Auslöser das Ende der Translation des Messers ist.

Gleiches gilt für Schritte die durch einen Maschinentakt gesteuert werden. Im Falle der Federbiegemaschine wäre das z.B. die Drehung der Transportteller oder die Weitergabe der Federn durch Hebel. Dies müsste dann über einen Zeitfaktor geregelt werden, der aussagt wann der Schritt starten soll. Da auf Grund der Modernisierung der Maschine, diese dann durch eine SPS gesteuert werden soll, wurden Sensoren definiert, welche die Schritte auslösen.

Ebenfalls problematisch ist das Auslösen eines Schrittes, solange ein anderer noch aktiv ist. So muss derzeit noch ein Schritt beendet werden, um einen zweiten zu starten.

4. ZUSAMMENFASSUNG

4.1. Ergebnis

Das Ziel dieser Arbeit war es Konzepte für ausgewählte Problemstellungen auszuarbeiten. Für jede dieser Aufgaben wurde ein vollständiger Entwurf auskonstruiert und die dafür benötigten Teile ausgelegt. Dabei wurden diese Teile an die Gegebenheiten bei dem Produktionsprozess angepasst, um eine möglichst kostengünstige und platzsparende Konstruktion zu realisieren.

Bei der Konzeption wurde darauf geachtet das die neu anzubringenden Baugruppen nicht den Handlungsspielraum des Bedieners der Maschine einschränken. Des Weiteren wurde auf eine möglichst schnelle und einfache Umstellung auf andere Federtypen geachtet, so dass auch die Kleinst- und Größtmaße der Federlänge und des Federdurchmessers abgedeckt werden können. Durch die Modularität der Bauteile ist auch das Erweitern auf größere Federtypen möglich.

4.2. Fazit

Die Konzepte bieten eine gute und einfache Möglichkeit die alten Maschinen zu modernisieren und somit deren Produktivität zu steigern. Im Rahmen des Gesamtprojektes wäre es ratsam die zweite, bereits vorhandene Auswurfstation und deren Bildverarbeitungssystem umzukonstruieren, um die Stellung der Federenden zueinander genau bestimmen zu können. Somit könnten fehlerhafte Teile mit größtmöglicher Sicherheit ausgelesen werden.

Weiterhin könnte für den Laserlichttaster ein Zeitfenster eingebracht werden, damit dieser nur in ausgewählten Zeiträumen eine Messung vornimmt und es

durch es durch ein dauerhaftes Messen nicht zu Fehlmessungen kommt. Dies könnte zum einen durch einen Trigger realisiert oder durch die SPS gesteuert werden.

Das firmeneigen entwickelte Programm zur Virtuellen Inbetriebnahme ist auf einem guten Weg, birgt jedoch noch weiteres Potential zur Verbesserung. Hauptschwerpunkt ist dabei, dass sich ein Bauteil nicht nur durch das Ändern eines Wertes bewegen soll. Das heißt, dass beispielweise die Feder nicht auf einen bestimmten Wert „fällt“, da ein Wert eingegeben wurde, sondern dass sie solange „fällt“ bis sie die Flächen der Führungsschiene erreicht. Hierzu ist eine Art Kollisionsprüfung notwendig die den Bezug von einer Fläche zur anderen kontrolliert. Des Weiteren müssten die benötigten Flächen im Vorhinein angegeben werden, um sicher zu stellen, dass diese auch überprüft werden. Somit wäre jedoch eine Simulation möglich, die sich nahe an der Realität hält.

Literaturverzeichnis

Pahl, Gerhard/ Beitz, Wolfgang: Konstruktionslehre Handbuch für Studium und Praxis. 2., neubearbeitete und erweiterte Auflage Berlin: Springer-Verlag 1986

Festo AG & Co.KG: Katalog Elemente Automatisierungstechnik – Pneumatik, 2009-2010

Baumer Holding AG: Sensoren, URL: <http://www.baumer.com/services/wissenstechnologie/hintergrundwissen-induktivsensoren.html>, verfügbar am 03.05.2011

TWK-Elektronik GmbH: Induktive Wegaufnehmer, URL: <http://www.twk.de/data/pdf/10319ed0.pdf>, verfügbar am 04.05.2011

Keyence Deutschland GmbH: Katalog Sensoren, Bildverarbeitung Messtechnik & Mikroskope 2011-2012

Misumi Europa GmbH: Katalog Mechanische Komponenten für Sondermaschinenbau & Montageautomation 2011-2012

Item Industrietechnik GmbH: Katalog MB Systembaukasten 7, 2007

ANLAGEN

ANLAGENVERZEICHNIS

- Anlage 1** - Datenblätter
- Anlage 2** - Stücklisten
- Anlage 3** - Technische Zeichnungen

ANLAGE 1

ANLAGE 2

ANLAGE 3

ERKLÄRUNG

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit eigenständig verfasst und dass ich dazu keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Ort, Datum

Unterschrift